

Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas pada LPG dan Suhu Ruangan Berbasis Protokol MQTT Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*

Gas Leak Detection System in LPG and Room Temperature Based on MQTT Protocol Using Fuzzy Logic Method

Moh. Zainul Arif¹, Rini Puji Astutik²

^{1,2} Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatra No.101, Randuagung, Gresik, 61121

Informasi Makalah

Dikirim, 24 Oktober 2024
Diterima, 18 November 2024
Diterbitkan, 20 Desember 2024

Kata Kunci:

Tabung Gas
Aplikasi IoT MQTT Panel
Fuzzy logic

Keyword:

Gas Cylinder
IoT MQTT Panel Application
Fuzzy logic

INTISARI

Dalam rangka mengurangi potensi kebakaran yang disebabkan kebocoran gas LPG dan suhu ruangan yang panas, dibutuhkan perangkat perlindungan yang berfungsi sebagai alat pendeteksi kebocoran gas untuk mencegah terjadinya kebakaran. Dalam penelitian ini, penerapan sistem peringatan dini melibatkan penggunaan perangkat ESP8266 sebagai kontroler sensor dan aplikasi IoT MQTT Panel untuk mengirimkan pesan peringatan ke pengguna. ESP8266 dapat dipergunakan untuk memproses input yang diterima dengan menggunakan metode *fuzzy logic*, sementara protokol MQTT digunakan sebagai penghubung antara *publisher* dan *subscriber* melalui broker. Aplikasi IoT MQTT Panel digunakan sebagai monitoring sistem Pendeteksi kadar gas pada LPG dan suhu ruangan, sedangkan HiveMQ digunakan sebagai broker untuk penghubung antara *publisher* dan *subscriber* yang mengirimkan peringatan kepada pengguna. Perencanaan perangkat deteksi kebocoran gas LPG menggunakan sensor gas MQ-2 dan sensor suhu DHT 11, mengaktifkan alarm dan lampu untuk memberikan peringatan dan menyampaikan notifikasi dengan data kadar gas dan suhu melalui Aplikasi IoT MQTT Panel. Relay dan *fan* hidup sebagai komponen pendukung pencegahan kebakaran yang disebabkan oleh gas LPG.

ABSTRACT

In order to reduce the potential for fires caused by LPG gas leaks and hot room temperatures, a protective device is needed that functions as a gas leak detection tool to prevent fires. In this research, the implementation of an early warning system involves the use of an ESP8266 device as a sensor controller and the MQTT Panel IoT application to send warning messages to users. ESP8266 can be used to process input received using the fuzzy logic method, while the MQTT protocol is used as a link between publishers and subscribers via a broker. The IoT MQTT Panel application is used as a monitoring system for detecting gas levels in LPG and room temperature, while HiveMQ is used as a broker to connect publishers and subscribers who send warnings to users. Planning for an LPG gas leak detection device using the MQ-2 gas sensor and DHT 11 temperature sensor, activating alarms and lights to provide warnings and convey notifications with gas level and temperature data via the MQTT Panel IoT Application. Relays and fans work as supporting components to prevent fires caused by LPG gas.

Korespondensi Penulis:

Moh. Zainul Arif, Rini Puji Astutik
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Randuagung, Gresik, 61121 Email : mohzainularif9@gmail.com,
astutikrpa@umg.ac.id

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi masyarakat Indonesia tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan sehari-hari. Kehidupan masyarakat bergantung pada sumber daya alam, yang semakin langka terutama dalam hal energi fosil seperti minyak bumi [1]. *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) adalah gas hidrokarbon produksi dari kilang minyak serta kilang gas dengan komponen utama gas propane dan butane yang dikemas di dalam tabung [2]. Gas LPG yang semakin populer di kalangan masyarakat tidak sebanding dengan penurunan kualitas tabung gas yang diproduksi oleh produsen, sehingga dimasyarakat seringkali ditemukan tabung gas yang mengalami kerusakan, rentan terhadap karat, penyok, sehingga berpotensi menyebabkan kebocoran gas LPG [3].

Meningkatnya angka kebakaran dan ledakan akibat Kebocoran tabung gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) menjadi hal yang menakutkan bagi para pengguna gas [4]. Ledakan tabung gas ini terjadi karena berbagai sebab, misalnya regulator yang terpasang dengan buruk atau ada kebocoran pada pipa selang. Jika terjadi kebocoran, gas yang baunya menyengat akan keluar dan gas akan cepat menguap jika suhu ruangan berada diatas 25°C sehingga apabila ada percikan api maka akan menyebabkan kebakaran [5].

Untuk meminimalisir permasalahan kebocoran gas LPG yang berpotensi menimbulkan kebakaran, maka perlu dibuat alat yang mampu mendeteksi kebocoran gas. Dengan adanya kemajuan teknologi saat ini dalam hal mikrokontroler dan komunikasi maka digunakanlah NodeMCU ESP8266 sebagai pengolah sinyal [6]. NodeMCU menyediakan konektivitas Wi-Fi yang memudahkan perangkat untuk terhubung ke internet, serta memiliki berbagai pin GPIO yang dapat diprogram untuk berbagai aplikasi [7]. NodeMCU dihubungkan dengan sensor MQ 02 yang merupakan salah satu sensor gas yang dirancang untuk mendeteksi keberadaan beberapa jenis gas, khususnya gas yang dapat membahayakan atau mencemari udara [8]. Untuk menjaga suhu ruangan tempat tata letak gas LPG tetap stabil maka digunakan sensor suhu yaitu DHT 11, sensor DHT11 dapat mengukur suhu di lingkungan sekitar dalam rentang 0°C hingga 50°C (dengan akurasi $\pm 2^\circ\text{C}$) [9]. Suhu ruangan yang panas dapat menyebabkan ledakan pada LPG, hal ini dikarenakan gas yang cepat menguap dan tekanan pada dalam tabung apabila terkena suhu yang panas sehingga dapat menyebabkan ledakan pada gas [5].

Dalam konteks ini diperlukan juga sebuah teknik untuk menjadi pengambil keputusan yang tepat ketika terjadi kebocoran LPG. *Fuzzy logic* merupakan suatu teknik yang dapat digunakan untuk mengatasi persoalan ini. Logika fuzzy adalah cabang dari logika yang digunakan untuk menangani ketidakpastian dan inkonsistensi dalam data atau informasi. logika fuzzy memungkinkan nilai kebenaran berada dalam rentang kontinu antara 0 dan 1 [10]. Konsep ini memungkinkan model yang lebih fleksibel dan realistis untuk menggambarkan fenomena yang tidak pasti atau kabur (fuzzy) yang banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Sistem Inferensi Fuzzy (FIS), yaitu sistem yang melibatkan proses pemetaan dari masukan (*input*) yang diberikan menjadi keluaran (*output*) dengan menggunakan logika Fuzzy [11].

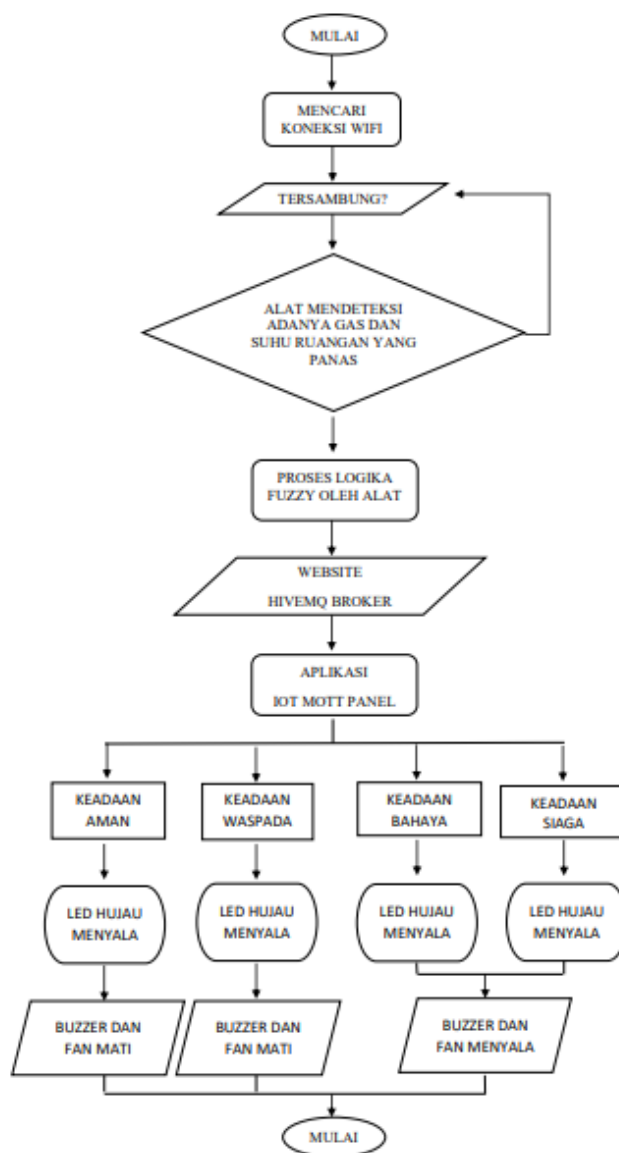
Data sensor yang telah dipadukan dengan metode *fuzzy logic* kemudian memberikan perintah untuk menyalakan komponen pendukung seperti kipas yang digunakan untuk menyebarkan gas secara merata, menghindari penumpukan gas di satu titik, serta menjamin ventilasi yang baik agar suhu ruangan kembali stabil [12]. Ada juga komponen *buzzer* alarm yang memainkan peran penting dalam sistem deteksi gas LPG atau sistem alarm lainnya, yaitu memberikan indikasi alarm suara kepada pengguna atau operator bahwa sesuatu yang tidak normal telah terdeteksi [13]. Ada juga lampu LED yang menyala sesuai dengan kondisi gas LPG aman, siaga, waspada atau bahaya. Data yang telah terkumpul kemudian melewati proses protokol MQTT yaitu protokol komunikasi ringan yang digunakan untuk mengirimkan pesan antar perangkat dalam jaringan *Internet of Things* (IoT) [14]. Data yang dikirim oleh NodeMCU ESP8266 (*subscriber*) menuju *website* HiveMQ (*broker*) untuk disimpan sementara sebagai penghubung *subscriber* dan *publisher*, data kemudian diteruskan ke aplikasi android IoT MQTT Panel (*publisher*). Aplikasi IoT MQTT Panel adalah aplikasi yang digunakan untuk memantau dan mengelola perangkat IoT (*Internet of Things*) yang terhubung melalui protokol MQTT [15]. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk memonitor status perangkat IoT, mengirim dan menerima data, serta mengontrol perangkat dari jarak jauh melalui antarmuka pengguna yang sederhana, sehingga pengguna dapat melihat kondisi status gas LPG hanya dengan melihat *smartphone*. Dengan demikian penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sistem pendeteksi kebocoran gas dan suhu ruangan pada gas LPG. Menggunakan sensor gas MQ-02 sensor suhu DHT, sistem ini memberikan peringatan dini dan memungkinkan tindakan cepat. *Fuzzy logic* digunakan untuk pengambilan keputusan yang tepat ketika terjadi kebocoran dan suhu ruangan yang tinggi. Tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya ledakan atau kebakaran yang disebabkan oleh gas LPG.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini melibatkan beberapa tahapan yang terstruktur. Alur konseptual penelitian ini mengikuti tahapan-tahapan dalam proses perancangan sistem. Perancangan sistem yang diterapkan dalam penelitian ini mencakup tiga tahapan utama, yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), dan penerapan metode *fuzzy logic*.

2.1. Perencanaan Software

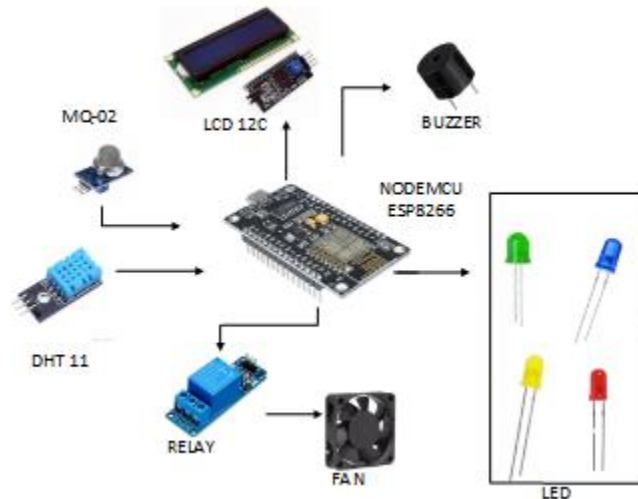
Dalam kasus ini, perancangan *software* merupakan alur sistem dari cara kerja alat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. *Flowchart* ini menjelaskan perancangan dari *fuzzy logic* dan protokol MQTT. *Flowchart* perancangan sistem peringatan dini kebocoran gas pada LPG dan suhu ruangan. Sistem dimulai dengan menghubungkan ESP8266 ke internet menggunakan koneksi WiFi, jika sudah tersambung maka alat akan mulai mendeteksi kadar gas pada LPG dan suhu ruangan, apabila sistem mendeteksi adanya kebocoran gas dan suhu ruangan panas, maka sistem akan melanjutkan ke proses logika *fuzzy logic*. Setelah selesai, sistem akan melanjutkan ke protokol MQTT dengan dimulai mengirimkan pesan ke *broker* MQTT yaitu HiveMQ, kemudian *broker* akan melanjutkan pesan ke *subscriber* yaitu aplikasi IoT MQTT Panel. Aplikasi IoT MQTT Panel akan menampilkan data gas dan suhu ruangan, jika dalam keadaan aman maka LED hijau menyala disertai komponen *fan* dan *buzzer* tidak aktif, jika dalam keadaan waspada maka LED biru menyala disertai komponen *buzzer* aktif dan *fan* mati, dan jika dalam keadaan siaga atau keadaan bahaya, maka LED kuning atau merah akan menyala disertai komponen *fan* dan *buzzer* aktif.



Gambar 1. *Flowchart* Sistem Pendeteksi Gas dan Suhu Ruangan

2.2. Perencanaan Elektronika

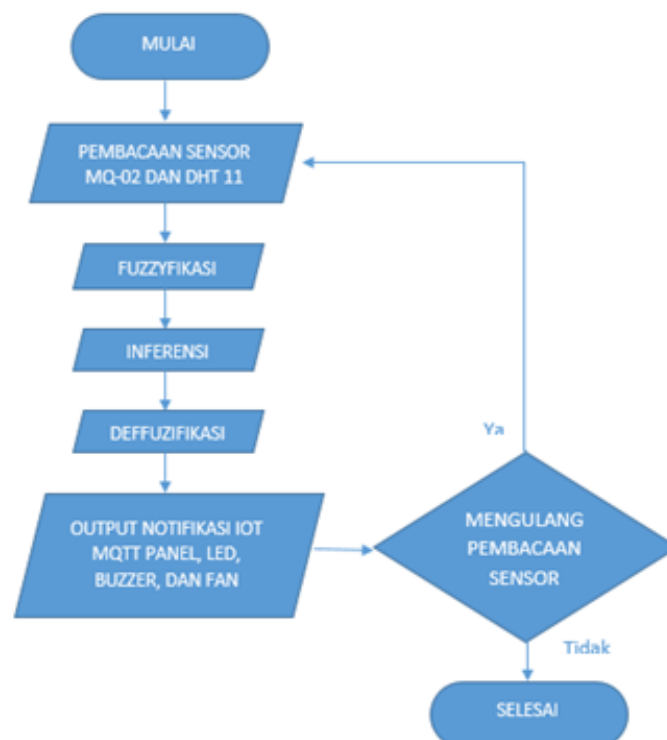
Rangkaian mikrokontroler yang digunakan untuk pendeteksi kebocoran gas dan suhu ruangan menggunakan dua sensor, yaitu sensor gas MQ-2 dan sensor suhu DHT 11. Data yang terbaca oleh sensor kemudian dikirimkan ke NodeMCU ESP8266 untuk diteruskan ke proses *fuzzy logic*, data output dari NodeMCU ESP8266 kemudian diteruskan ke komponen *buzzer*, LED, relay dan LCD I2C yang bekerja sesuai dengan kondisi gas LPG. Data yang telah dikumpulkan oleh NodeMCU ESP8266 kemudian di teruskan ke protokol MQTT. Rangkaian mikrokontroler inilah yang nantinya digunakan sebagai *publisher* untuk protokol MQTT. Perancangan mikrokontroler tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Elektronika

2.3. Perancangan Metode Fuzzy Logic Mamdani

Proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi digunakan untuk memproses nilai yang dibaca sensor untuk mendapatkan hasil keputusan terbaik. Diagram alir dari perhitungan *fuzzy logic* dapat dilihat pada Gambar 3.

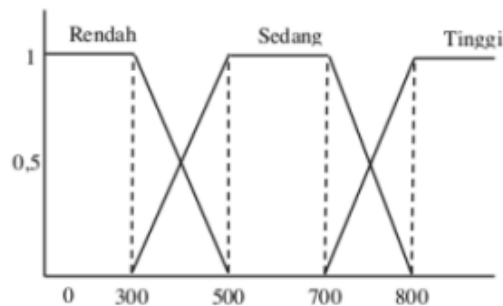


Gambar 3. Diagram Aliran Perhitungan Fuzzy Logic

Keterangan:

1. Proses awal dilakukan dengan menentukan masing-masing kriteria yaitu kadar gas dan suhu ruangan.
2. Kemudian berdasarkan kriteria tersebut, dilanjutkan dengan menentukan implikasi dari setiap kriteria (menentukan himpunan semua variabel).
3. Prosesnya menghitung derajat fungsi keanggotaan dengan kurva untuk setiap kriteria variabel, yang kemudian dijadikan nilai bobot untuk setiap kriteria.

Sistem ini memiliki dua keanggotaan fuzzy, variabel gas dan suhu ruangan. Keanggotaan variabel gas dibagi menjadi tiga himpunan: gas rendah (antara 300 dan 500), sedang (antara 300 dan 800), dan tinggi (lebih dari 700). Kurva himpunan keanggotaan gas digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Kurva Keanggotaan Variabel Gas

Berdasarkan Gambar 4 nilai keanggotaan dari variabel gas sebagai berikut.

a. Rendah [300-500]

$$\mu [\text{Rendah}] = \begin{cases} 0, x \leq 300 \text{ atau } x \geq 500 \\ \frac{x-300}{400-300} & 300 \leq x \leq 400 \\ \frac{500-x}{500-400} & 400 \leq x \leq 500 \\ 1, x = 500 \end{cases}$$

b. Sedang [300-800]

$$\mu [\text{Sedang}] = \begin{cases} 0, x \leq 300 \text{ atau } x \geq 800 \\ \frac{x-300}{550-300} & 300 \leq x \leq 550 \\ \frac{800-x}{800-550} & 550 \leq x \leq 800 \\ 1, x = 800 \end{cases}$$

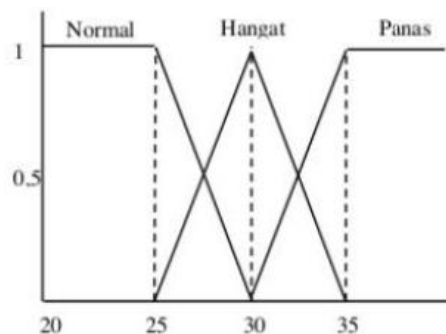
c. Tinggi [700-800]

$$\mu [\text{Tinggi}] = \begin{cases} 0, x \leq 700 \\ \frac{x-700}{800-700} & 700 \leq x \leq 800 \\ 1, x \geq 800 \end{cases}$$

Selanjutnya, keanggotaan suhu dibagi menjadi tiga himpunan:

Normal (20°C s.d.30 °C), Hangat (25°C s.d. 35°C), dan Panas (lebih dari 30 °C).

Kurva himpunan keanggotaan suhu digambarkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Kurva Keanggotaan Variabel Suhu Ruangan

a. Normal [20 °C s.d. 30 °C]

$$\mu[\text{Normal}] = \begin{cases} 0, x \leq 20 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{x-20}{25-20} 20 \leq x \leq 25 \\ \frac{30-x}{30-25} 25 \leq x \leq 30 \\ 1, x = 30 \end{cases}$$

b. Hangat [25 °C s.d. 35 °C]

$$\mu[\text{Hangat}] = \begin{cases} 0, x \leq 25 \text{ atau } x \geq 35 \\ \frac{x-25}{30-25} 25 \leq x \leq 30 \\ \frac{35-x}{35-30} 30 \leq x \leq 35 \\ 1, x = 35 \end{cases}$$

c. Panas [> 30 °C]

$$\mu[\text{Panas}] = \begin{cases} 0, x \leq 30 \\ \frac{x-30}{35-30} 30 \leq x \leq 35 \\ 1, x > 35 \end{cases}$$

Nilai yang diperoleh dari proses fuzzifikasi akan digunakan untuk inferensi. Tujuan dari proses inferensi adalah untuk menemukan kondisi *output* menggunakan aturan fuzzy dengan susunan *IF* gas *AND* suhu *THEN* kondisi. Hasil dari proses ini digambarkan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pembentukan Aturan Fuzzy

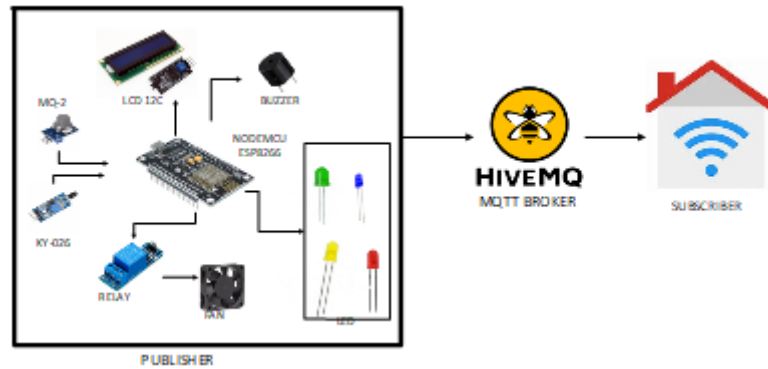
RULE	IF	KEBOCORAN GAS	THEN	SUHURUANGAN	KONDISI
Rule 1	If	Rendah	Then	Normal	Aman
Rule 2	If	Rendah	Then	Hangat	Aman
Rule 3	If	Rendah	Then	Panas	Siaga
Rule 4	If	Sedang	Then	Normal	Waspada
Rule 5	If	Sedang	Then	Hangat	Waspada
Rule 6	If	Sedang	Then	Panas	Siaga
Rule 7	If	Tinggi	Then	Normal	Siaga
Rule 8	If	Tinggi	Then	Hangat	Bahaya
Rule 9	If	Tinggi	Then	Panas	Bahaya

Setelah menemukan aturan yang tepat, metode min-max digunakan untuk menemukan nilai terkecil dari setiap aturan, menghasilkan nilai α , yang merupakan nilai keanggotaan baru. Setelah proses defuzzifikasi menggunakan metode maksimum, hasil defuzzifikasi akan menjadi nilai output sistem. Nilai output sistem terdiri dari nilai-nilai Aman, Siaga, Waspada, dan Bahaya. Berikut adalah cara mengambil nilai maksimum dari proses defuzzifikasi.

1. (rule1 dan rule2) kondisi Aman max.
2. (rule 4 dan rule 5) kondisi Waspada max.
3. (rule3, rule 6 dan rule 7) kondisi Siaga max.
4. (rule 8 dan rule 9) kondisi Bahaya max.

2.4. Perencanaan Protokol MQTT

Modul mikrokontroler pendeteksi kebocoran gas dan suhu ruangan dibuat dengan menghubungkan dua sensor yaitu sensor gas MQ-2 dan sensor DHT 11 NodeMCU ESP8266. Mikrokontroler ini bertindak sebagai *publisher*, untuk broker menggunakan HiveMQ, sedangkan untuk *subscriber* menggunakan aplikasi IoT MQTT Panel. Data yang terbaca dikirimkan oleh sensor kemudian diproses oleh esp8266 dan diteruskan pada MQTT broker dan diteruskan lagi ke aplikasi IoT MQTT Panel. Perencanaan protokol MQTT dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perencanaan Protokol MQTT

Berikut langkah untuk menghubungkan Arduino dengan IoT MQTT Panel melalui Broker HiveMQ:

1. Menginstall Pustaka MQTT di Arduino IDE
Buka Arduino IDE, kemudian pergi ke menu "Sketch" -> "Include Library" -> "Manage Libraries". Cari dan instal pustaka "PubSubClient" yang dibuat oleh Nick O'Leary.
2. Mengatur *Broker* MQTT HiveMQ:
Buka situs web HiveMQ di <https://www.hivemq.com/>
Klik "Get Started" untuk membuat akun gratis.
Setelah login, akan mendapatkan informasi server, port, *username*, dan *password* untuk terhubung ke broker MQTT HiveMQ.
3. Menulis Kode Arduino untuk Koneksi MQTT:
Buka Arduino IDE dan buat *sketch* baru.
Masukkan kode program seperti pada Gambar 7 pastikan mengganti *server*, *username*, dan *password* dengan informasi yang didapatkan dari HiveMQ:

```
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>

// Koneksi WiFi
const char* ssid = "your_wifi_ssid";
const char* password = "your_wifi_password";

// Koneksi MQTT
const char* server = "broker.hivemq.com";
const char* username = "your_hivemq_username";
const char* password = "your_hivemq_password";

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // Koneksi WiFi
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.println("Connecting to WiFi...");
  }
  Serial.println("Connected to WiFi");

  // Koneksi MQTT
  client.setServer(server, 1883);
  while (!client.connected()) {
    Serial.println("Connecting to MQTT broker...");
    if (client.connect("ArduinoClient", username, password)) {
      Serial.println("Connected to MQTT broker");
    } else {
      Serial.print("Failed to connect, rc=");
      Serial.println(client.state());
      delay(2000);
    }
  }
}

void loop() {
  // Jalankan kode Anda di sini
  // Contoh: Mempublikasikan pesan ke topik MQTT
  client.publish("test/topic", "Hello, MQTT!");
  delay(5000);
}
```

Gambar 7. Code Menghubungkan Arduino ke Broker

4. Mengunggah Kode ke Arduino:
Pastikan Arduino terhubung ke komputer.
Klik tombol "Upload" di Arduino IDE untuk mengunggah kode ke Arduino.
5. Memantau Koneksi MQTT di IoT MQTT Panel:
Buka IoT MQTT Panel di *mobile device*.
Masukkan informasi koneksi MQTT yang didapatkan dari HiveMQ.
pesan yang dipublikasikan oleh Arduino di panel MQTT akan muncul seperti pada Gambar 8.

← Edit Connection

Connection name *
monitoring gas dan suhu

Client ID
kontrol 1

Broker Web/IP address *
broker.hivemq.com

Port *
1883

Network protocol
TCP

Add Dashboard

monitoring gas dan suhu

Additional options

Username Password

☒ Auto connect ☐ Keep alive * 60

☒ Clean session

☐ Enable will message

☐ Notify on disconnect

Gambar 8. Mengkoneksi Aplikasi IoT MQTT Panel ke Broker

Aplikasi IoT MQTT Panel hanya bertindak sebagai *subscriber* saja, tidak dirancang sebagai *publisher*, karena di aplikasi ini nantinya hanya akan menjadi monitor penampil data yang dikirim oleh mikrokontroler.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Sensor MQ 02

Pengujian sensor MQ 02 akan menguji bagaimana sensor MQ 02 mendeteksi kondisi gas sebelum terjadi kebocoran dan sesudah terjadi kebocoran. Jika terjadi kebocoran maka sensor MQ 02 akan menunjukkan nilai yang ditampilkan pada LCD I2C. Pengujian sensor MQ 02 dilakukan dengan memberikan simulasi kebocoran gas LPG menggunakan gas yang terdapat pada korek api. Secara umum kandungan yang terdapat pada korek gas sama dengan yang ada pada gas LPG. Berikut hasil pengujian sensor MQ 02 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Sensor Gas MQ-2

No	Durasi Menekan Tuas Gas	Sebelum Terjadi Kebocoran Gas	Sesudah Terjadi Kebocoran Gas
1	1 detik	93 ppm	120 ppm
2	3 detik	94 ppm	126 ppm
3	5 detik	92 ppm	299 ppm
4	7 detik	95 ppm	400 ppm
5	9 detik	92 ppm	512 ppm

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pengujian untuk mengetahui kondisi gas sebelum dan sesudah terjadi kebocoran berhasil dilakukan. Dapat diperhatikan ketika tidak terjadi kebocoran, sensor membaca nilai sebesar 92 ppm - 95 ppm, setelah diberi stimulus kebocoran yang bersumber dari korek gas, sensor mengalami kenaikan nilai. Ketika korek gas tidak lagi memberikan stimulus kebocoran dengan waktu yang berbeda maka secara perlahan gas mulai terurai. Berdasarkan hasil pengujian ini, sensor MQ 02 dapat mendeteksi kebocoran gas dengan baik.

3.2. Pengujian Sensor DHT 11

Pengujian sensor DHT-11 akan menguji bagaimana sensor DHT-11 mendeteksi suhu yang berada pada ruangan. Sensor DHT-11 akan membaca nilai suhu dalam bentuk derajat celsius (°C). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan sensor DHT11 dalam membaca nilai suhu pada ruangan. Pengujian dilakukan didalam ruangan yang berukuran 4x3 meter dengan suhu luar sekitar 30°C. Sebelum mengamati hasil pembacaan sensor, terlebih dahulu sensor dibiarkan selama 3 menit agar pembacaan sensor DHT11 menjadi stabil. Hasil pengujian sensor DHT-11 ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Sensor DHT 11

No	Durasi	Sensor Dht 11
1	1 detik	29 °C
2	3 detik	29.5 °C
3	5 detik	31 °C
4	7 detik	30 °C
5	9 detik	29.3 °C

Pada Tabel 3 menunjukkan hasil dari pengujian DHT-11 yang dilakukan dengan waktu yang berbeda dengan mengambil 5 sampel pengujian. Dari hasil pengujian tersebut sensor dapat mendeteksi suhu ruangan sekitar 29°C sampai dengan 30°C. Dari pengujian ini didapatkan bahwa sensor DHT11 dapat membaca nilai suhu ruangan dengan kenaikan yang tidak terlalu signifikan.

3.3. Pengujian Fuzzy Logic Mamdani

Pengujian fuzzy akan dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan sistem dengan hasil perhitungan manual. Pengujian ini untuk membandingkan kesesuaian hasil fuzzy yang dihasilkan oleh sistem dengan hasil fuzzy yang dilakukan secara manual. Data yang digunakan dalam pengujian sebanyak 7 sampel dengan nilai input yang berbeda. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Fuzzy Logic

No	Sensor MQ-02	Sensor Dht 11	Output Sistem	Output Manual	Kondisi
1	300	23	0.6	0.6	Aman
2	600	33	0.6	0.6	Waspada
3	700	30	0.4	0.4	Siaga
4	900	33	0.6	0.6	Bahaya

Berdasarkan pengujian di Tabel 4, dapat dianalisis bahwa rumus fuzzy yang digunakan untuk menentukan kondisi kebocoran gas LPG pada sistem telah sesuai dan benar. Berikut adalah pengujian secara manual menurut rumus perhitungan fuzzy.

Input data dari :

Sensor Gas : 900 ppm

Sensor Suhu : 33 derajat Celsius

a. Fuzzyfikasi

GAS

Rendah : 0

Medium : 0

Tinggi : 1, $x \geq 800 : 1$

SUHU

Normal : 0

Hangat : $\frac{35-33}{35-30} : \frac{2}{5} : 0.4$

Tinggi : 0

b. Inferensi

Rule[1]: IF GAS RENDAH && SUHU NORMAL THEN

AMAN

α -predikat1 = min ($\mu_{\text{Gas Rendah}} \cap \mu_{\text{Suhu Normal}}$)

= min ($\mu_0 \cap \mu_0$)

= 0

Rule[3]: IF GAS RENDAH && SUHU PANAS THEN

SIAGA

α -predikat1 = min ($\mu_{\text{Gas Rendah}} \cap \mu_{\text{Suhu Panas}}$)

= min ($\mu_0 \cap \mu_0$)

= 0

Rule[5]: IF GAS SEDANG && SUHU HANGAT THEN

WASPADA

α -predikat1 = min ($\mu_{\text{Gas Sedang}} \cap \mu_{\text{Suhu Hangat}}$)

= min ($\mu_0 \cap \mu_{0.4}$)

= 0

Rule[9]: IF GAS TINGGI && SUHU PANAS THEN

BAHAYA

α -predikat1 = min ($\mu_{\text{Gas Tinggi}} \cap \mu_{\text{Suhu Panas}}$)

= min ($\mu_1 \cap \mu_{0.4}$)

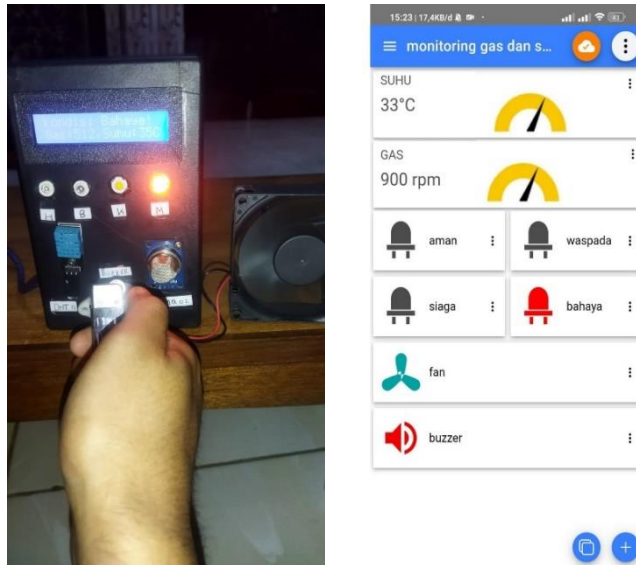
= 0.4

- c. Defuzzifikasi
 $MAX = (AMAN, SIAGA, WASPADA, BAHAYA)$
 $MAX (0, 0, 0, 0.4)$
 $MAX 0.4 \Rightarrow \mathbf{BAHAYA}$

Hasil perhitungan fuzzy secara manual menunjukkan kondisi bahaya dengan data kebocoran gas 900 ppm dan suhu ruangan 33°C. Hasil perhitungan manual dengan perhitungan sistem hasilnya sama. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa perancangan fuzzy telah sesuai dengan perancangan.

3.4. Pengujian Aplikasi IoT MQTT Panel

Pengujian Aplikasi IoT MQTT PANEL dilakukan dengan melihat kesamaan dari hasil *output* alat dan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kondisi Alat dan Aplikasi Ketika Kondisi Bahaya

Pada Gambar 9 merupakan hasil output yang terjadi pada alat dan aplikasi IoT MQTT Panel, dimana pada saat alat mendeteksi kondisi bahaya pada gas LPG, maka LED merah, *fan* dan *buzzer* aktif sesuai dengan perancangan *software*. Tabel 5 berikut adalah hasil dari pengujian alat dan aplikasi IoT MQTT Panel.

Tabel 5. Pengujian Alat dan Aplikasi IoT MQTT Panel

No	Kadar Gas (ppm)	Suhu (°C)	<i>Fan</i>	<i>Buzzer</i>	LED			
	Aplikasi	Aplikasi	Aplikasi	Aplikasi	Aplikasi			
					Hijau (Aman)	Biru (Waspada)	Kuning (Siaga)	Merah (Bahaya)
1	300	23	Mati	Mati	Aktif	Mati	Mati	Mati
2	600	33	Mati	Mati	Mati	Aktif	Mati	Mati
3	700	30	Aktif	Aktif	Mati	Mati	Aktif	Mati
4	900	33	Aktif	Aktif	Mati	Mati	Mati	Aktif

4. KESIMPULAN

Sistem pendeteksi kebocoran gas pada LPG dan suhu ruangan berbasis protokol MQTT menggunakan metode *fuzzy logic* merupakan solusi inovatif untuk meningkatkan keselamatan. Sistem ini bekerja dengan memonitor konsentrasi gas dan suhu secara real-time. Dengan menggunakan protokol MQTT, data dapat dikirim secara efisien ke server atau aplikasi pemantauan. Metode *fuzzy logic* berperan dalam mengolah data yang tidak pasti, menghasilkan keputusan yang lebih akurat terkait status kebocoran. Secara keseluruhan, sistem ini menawarkan respons cepat terhadap potensi bahaya, membantu mencegah kecelakaan dan menjaga keselamatan dari bahaya gas LPG meskipun pengguna tidak berada di rumah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti dengan tulus ingin menyampaikan penghargaan yang mendalam kepada semua pihak yang telah turut serta dalam proses penelitian ini. Kami mengucapkan terima kasih atas bimbingan, petunjuk, serta bantuan yang berharga dari berbagai individu dan lembaga, baik dalam hal dukungan moral maupun material. Kerjasama ini tidak hanya memberikan dorongan, tetapi juga menjadi pendorong utama bagi kesuksesan penelitian kami.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Rahmawan, M. Ginting, M. Djumantara, and M. A. Amri, "Sosialisasi Energi Baru Terbarukan Dalam Menghilangkan Ketergantungan Terhadap Energi Fosil Bagi Warga di RT 009 RW 003 Kelurahan Kebon Jeruk," *J. Abdi Masy. Indones.*, vol. 3, no. 2, pp. 181–187, 2021, doi: 10.25105/jamin.v3i2.9671.
- [2] Y. A. Hasan, M. Mardiana, and G. F. Nama, "Sistem Pendeteksi Kebocoran Tabung Gas Lpg Otomatis Berbasis Arduino Uno Menggunakan Metode Prototype," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 10, no. 3, 2022, doi: 10.23960/jitet.v10i3.2671.
- [3] K. Pugung and K. Tanggamus, "TINJAUAN HUKUM EKONOMI SYARIAH TENTANG PERLINDUNGAN KONSUMEN ATAS PEMBELIAN TABUNG LIQUIFIED PETROLEUM GAS (LPG) TANPA KARET PELINDUNG," 2024.
- [4] I. M. Mara, I. G. Bawa Susana, I. B. Alit, I. G. A. K. C. Adhi W.A., and M. Wirawan, "Penyuluhan Pencegahan Bahaya Kebakaran Penggunaan Kompor Gas LPG Rumah Tangga," *J. Karya Pengabd.*, vol. 5, no. 1, pp. 9–15, 2023, doi: 10.29303/jkp.v5i1.146.
- [5] I. Raharja, I. Budarsa, and I. Yasa, "Sistem Monitoring Kadar CO, Gas LPG, Suhu dan Kelembaban Pada Ruangan Kerja Laundry Berbasis IoT (Internet of Things)," *Repos. Politek. Negeri Bali*, no. September 2022, pp. 1–8, 2022, [Online]. Available: http://repository.pnb.ac.id/2682/%0Ahttp://repository.pnb.ac.id/2682/1/RAMA_36304_1815344010_artikel.pdf
- [6] Tri Sulistyorini, Nelly Sofi, and Erma Sova, "Pemanfaatan Telegram Untuk Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis Nodemcu," *J. Ilm. Tek.*, vol. 3, no. 2, pp. 17–27, 2024, doi: 10.56127/juit.v3i2.1339.
- [7] Aan Darmawan H., *NodeMCU ESP8266-12 untuk Internet of Things (IoT)*. 2023. [Online]. Available: [https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=hyrqEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA19&dq=Fi+ESP8266+yang+di+gunakan+secara+luas+dalam+aplikasi+Internet+of+Things+\(IoT\)&ots=Q4uC1U5RoG&sig=dR9ISOG6Y_AmegbndV8IFpPgnU8&redir_esc=y#v=onepage&q=Fi+ESP8266+yang+digunakan+secara+luas+dalam+aplikasi+Internet+of+Things+\(IoT\)&f=false](https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=hyrqEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA19&dq=Fi+ESP8266+yang+di+gunakan+secara+luas+dalam+aplikasi+Internet+of+Things+(IoT)&ots=Q4uC1U5RoG&sig=dR9ISOG6Y_AmegbndV8IFpPgnU8&redir_esc=y#v=onepage&q=Fi+ESP8266+yang+digunakan+secara+luas+dalam+aplikasi+Internet+of+Things+(IoT)&f=false)
- [8] B. Rahman, F. Fernando, and N. Indriawan, "Sistem Monitoring Kebocoran Gas Dan Api Menggunakan Sensor MQ-2 Dan Flame Sensor Berbasis Android," *J. Sensi*, vol. 8, no. 2, pp. 209–222, 2022, doi: 10.33050/sensi.v8i2.2429.
- [9] J. Homepage and V. K. Pratifi, "MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science Integration of DHT11 and PIR Sensors in Indoor Temperature Automation and Motion Detection System Using Arduino Nano Microcontroller Integrasi Sensor DHT11 dan PIR dalam Sistem Otomatisasi Suhu dan Deteksi Gerakan dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Nano," vol. 4, no. 3, pp. 1148–1159, 2024.
- [10] U. Athiyah, A. P. Handayani, M. Y. Aldean, N. P. Putra, and R. Ramadhani, "Sistem Inferensi Fuzzy: Pengertian, Penerapan, dan Manfaatnya," *J. Dinda Data Sci. Inf. Technol. Data Anal.*, vol. 1, no. 2, pp. 73–76, 2021, doi: 10.20895/dinda.v1i2.201.
- [11] F. Rozie *et al.*, "Aquaponics System for Catfish Farms and Hydroponic Kale Plants Based on Iot and Fuzzy Inference System," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 157–166, 2021, doi: 10.25126/jtiik.202184025.
- [12] H. Sanjaya, J. Triyanto, R. Andri, F. Yani, P. P. Sanjaya, and N. K. Daulay, "Kipas Angin Otomatis Menggunakan Sensor Suhu DHT11," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 187–191, 2021, [Online]. Available: <http://prosiding.seminar-id.com/index.php/sensasi/article/view/580>
- [13] S. Laitera, W. A. Dewa, and S. Arifin, "Penerapan Sistem Alarm Berbasis Arduino Uno Untuk Mendeteksi Kebocoran Gas LPG," *J. Janitra Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 96–106, 2022, doi: 10.25008/janitra.v2i2.159.
- [14] F. P. Eka Putra, F. Muslim, N. Hasanah, Holipah, R. Paradina, and R. Alim, "Analisis Komparasi Protokol Websocket dan MQTT Dalam Proses Push Notification," *J. Sistim Inf. dan Teknol.*, vol. 5, pp. 63–72, 2024, doi: 10.60083/jsisfotek.v5i4.325.
- [15] Hafiizh Asrofil Al Banna, Vikri Muhammad Gafar, Muhammad Darwis Mawardin, and Retno Hendrowati, "Perancangan Aplikasi Pemantauan Energi Listrik Berbasis Iot Dengan Protokol Mqtt," *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 6, no. 2, pp. 203–213, 2023, doi: 10.36595/jire.v6i2.975.

